

# OMOLOGAZIONE DI DISPOSITIVI DI ANTIPATTINAGGIO PER ROTABILI FERROVIARI. PROVE SU CARROZZA ISOLATA

**Claudio Scionti<sup>1</sup>, Gianluca Cocci<sup>2</sup>, Michele Lanzetta<sup>1</sup>, Roberto Mirandola<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> [Università di Pisa](#), [Dipartimento](#) di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione (DIMNP), Sezione Produzione, Via Bonanno Pisano, 25/B, 56126 Pisa, Italy, [lanzetta@unipi.it](mailto:lanzetta@unipi.it), tel. 050-913022

<sup>2</sup> [Trenitalia](#) S.p.A., Gruppo Ferrovie dello Stato S.p.A., Firenze

Descrizione di un piano di progetto per realizzare una procedura per testare le capacità di intervento di dispositivi di antipattinaggio montati su veicoli ferroviari sulla base dei requisiti dichiarati dal costruttore e nel rispetto di prescrizioni finalizzate all'accreditamento del Laboratorio da parte del SINAL.

Parole chiave: omologazione, accreditamento, procedura di prova, sistema di frenatura

## 1. Introduzione

La politica europea promuove il settore ferroviario con direttive per facilitare il controllo della sicurezza ferroviaria e incentivare l'interoperabilità e garantendo il riconoscimento reciproco dei certificati di sicurezza rilasciati negli Stati membri.

In base a questi nuovi orientamenti, ogni componente da montare su rotabili ferroviari che circolano sulle reti nazionali ed internazionali deve essere omologato rispettando le prescrizioni contenute all'interno di una specifica normativa di riferimento emessa da Enti Internazionali [6]. L'omologazione avviene attraverso l'esecuzione di prove specifiche, come da normativa, effettuate da un laboratorio di prova accreditato [1], a cui è stato assegnato il riconoscimento formale della capacità di individuare se un prodotto risponda a determinati requisiti. L'accreditamento viene rilasciato da un Organismo Ufficiale di terza parte, che in Italia è rappresentato dal SINAL [2], che opera attraverso la cooperazione con enti nazionali di normazione quali UNI, CEI, ISPESL, ed inoltre mantiene accordi di mutuo riconoscimento e reciprocità con analoghi organismi di certificazione di altri Paesi.

Il lavoro svolto all'interno del laboratorio "Sperimentazione" di Trenitalia è nato dall'esigenza di progettare una procedura tecnica da utilizzare per effettuare prove su dispositivi di antipattinaggio montati su rotabili ferroviari, nel caso specifico carrozza isolata, che intervengono in fase di frenata, procedura che definisce in maniera dettagliata la successione delle operazioni da compiere durante l'esecuzione della prova stessa, con le prescrizioni necessarie da rispettare durante il suo

svolgimento secondo quanto riportato nella norma di riferimento [6] relativa al suddetto componente, e, successivamente, una volta convalidate le caratteristiche del prodotto, procedere alla sua omologazione.

Sono stati esaminati studi correlati al problema in esame presenti in letteratura, tra i quali i più interessanti sono stati quelli in cui è stato proposto: un nuovo tipo di algoritmo di controllo proposto per un sistema di propulsione con un motore ad induzione [4], la rilevazione dell'inizio della più piccola fase di slittamento senza l'utilizzo di sensori di velocità, analizzando la corrente di ciascun motore [5].

## 2. Caratteristiche dispositivo antipattinante

Il dispositivo antipattinante è presente sui treni allo scopo di evitare un pattinamento troppo pronunciato delle ruote e di impedire un loro eventuale bloccaggio completo (Figura 1).

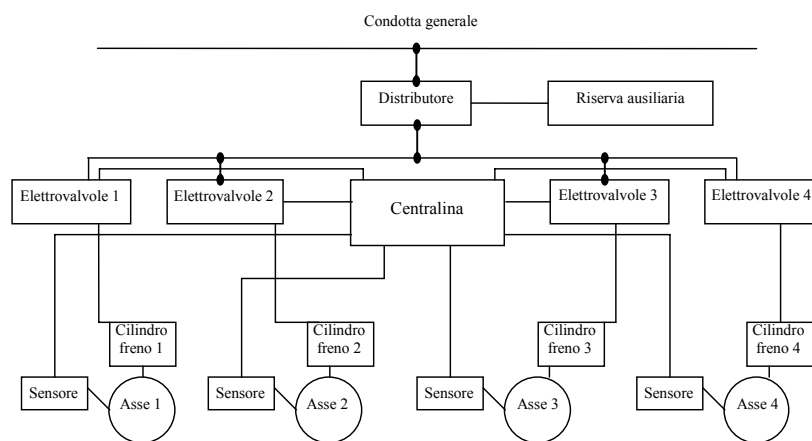


Figura 1. Disposizione classica di un antipattinante [3]

La variabile principale che viene tenuta sotto controllo è la velocità di rotazione degli assi delle ruote della carrozza, la cui misura è ottenuta tramite sensori (dinamo tachimetriche, vedi schema apparecchiature in Figura 1), e il cui valore viene comparato costantemente con una velocità di riferimento ( $V_{rif}$ ), che rappresenta una stima della velocità reale del veicolo, ricavata usando i dati forniti dai sensori medesimi.

La ruota che si trova nella condizione di bloccaggio o in fase di pattinamento viene riportata nella zona più favorevole della caratteristica aderenza-pattinamento nel minor tempo possibile agendo sulla pressione dell'aria nei cilindri freno attraverso l'intervento di elettrovalvole di aumento, mantenimento o scarico della pressione.

L'elemento di comunicazione tra i diversi apparati è la centralina in Figura 1, che elabora le informazioni trasmesse dai sensori e di conseguenza comanda le elettrovalvole.

Il valore della pressione massima fornita ai cilindri freno, così come i valori dei tempi di scarico e di rialimentazione sono caratteristiche invariabili del dispositivo antipattinante montato sullo specifico veicolo, pertanto verranno determinati durante la fase di preparazione della prova.

I tempi devono avere un andamento come riportato in Figura 2 con i valori  $t_f = 0,8 \div 1$  s,  $t_i = 1 \div 1,5$  s.

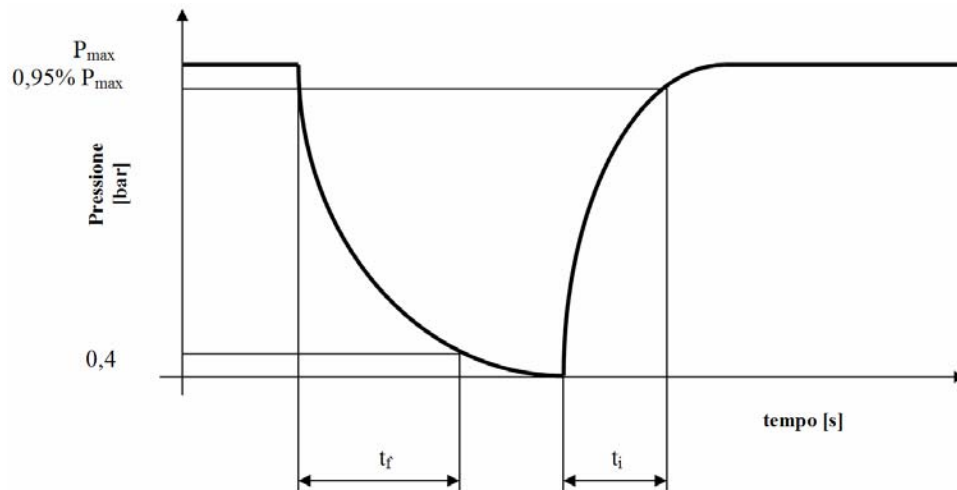


Figura 2. Andamento temporale della pressione nel circuito frenante.

Le attrezzature necessarie alla prova sono riportate in Figura 7.

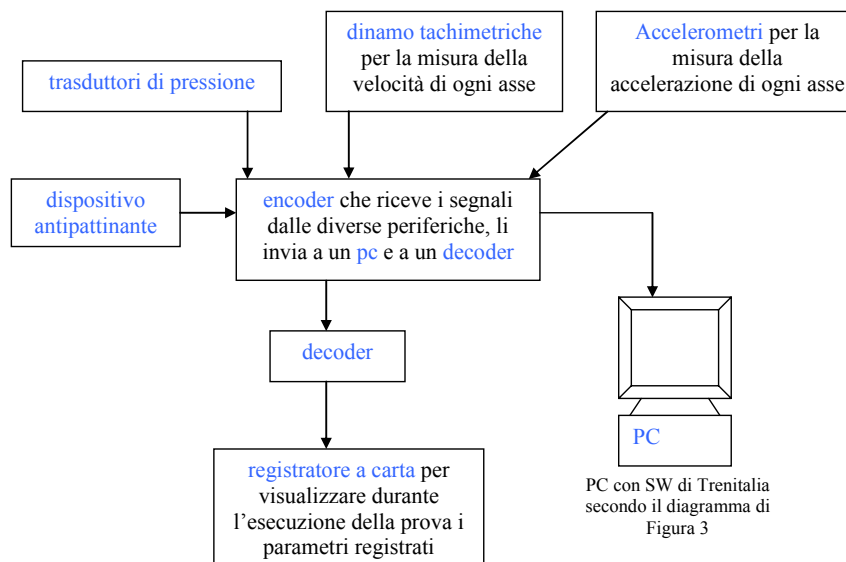


Figura 7. Schema di alcune apparecchiature montate sulla carrozza oggetto del test, necessarie per effettuare le prove

### 3. La Norma UIC 541-05, 2° edizione

La norma UIC 541-05 “Frein-L’anti-enrayeur” [6] è la norma di riferimento sull’antipattinante, elaborata dall’UIC, organismo internazionale di normazione operante nel campo ferroviario, ed in particolare essa definisce:

- le soglie di velocità in cui l’antipattinante deve assicurare il suo intervento, evidenziando che non deve in alcun momento modificare lo sforzo di frenata in assenza di slittamento delle ruote e non generare una pressione superiore a quella richiesta dal comando di frenatura, ma adattare lo sforzo di frenata per sfruttare al meglio l’aderenza disponibile,
- i criteri di accettazione delle prove da effettuare per l’omologazione dell’antipattinante.

Si tratta di prove di lancio in cui la carrozza, con il dispositivo montato, viene portata da un locomotore alla velocità imposta dalla suddetta norma, caratteristica della prova da eseguire. Una volta sganciata viene imposta una frenatura rapida (frenatura comandata con lo scarico completo all’atmosfera della condotta generale [8]), lungo un binario rettilineo con pendenza  $\pm 0,002$  m, che deve avere una lunghezza di 1500 m, ed essere preceduto da un tratto di circa 3 km per far accelerare il treno e seguito da un altro tratto di circa 10 km, per consentire al treno ed al veicolo lanciato di arrestarsi con sicurezza, anche in caso di avaria ai freni.

Il criterio generale del programma di test indicato nella UIC 541-05 è quello di confrontare le prestazioni di frenatura a binario secco con equivalenti prestazioni in condizione di aderenza degradata, caso che necessita dell’innaffiamento della rotaia tramite ugelli posti sotto la carrozza con inizio circa 300 metri prima del punto di inizio frenata e protratto fino all’arresto, ponendo dei limiti su allungamento di spazi di frenatura, consumo d’aria compressa, errore ammesso sulla  $V_{rif.}$ , scorrimento istantaneo massimo ammesso.

Il programma prevede inoltre l’esecuzione di prove che riproducono condizioni di marcia particolari (trascinamento, sapone sulla rotaia per 20 m, 200 m prima dell’inizio della frenatura).

La norma specifica il rispetto di tre criteri per la valutazione della prova:

1. aderenza iniziale per individuare l’istante in cui il primo asse entra in scorrimento,
2. scorrimento minimo degli assi del veicolo, per individuare il quale si calcolano i tempi totali di scorrimento superiore al 10% tra l’inizio della frenatura e velocità del veicolo di 60 Km/h,
3. spazio d’arresto prescritto.

Il metodo di valutazione dei tre criteri segue il diagramma di Figura 3 secondo un ordine riportato nella norma UIC 541-05.

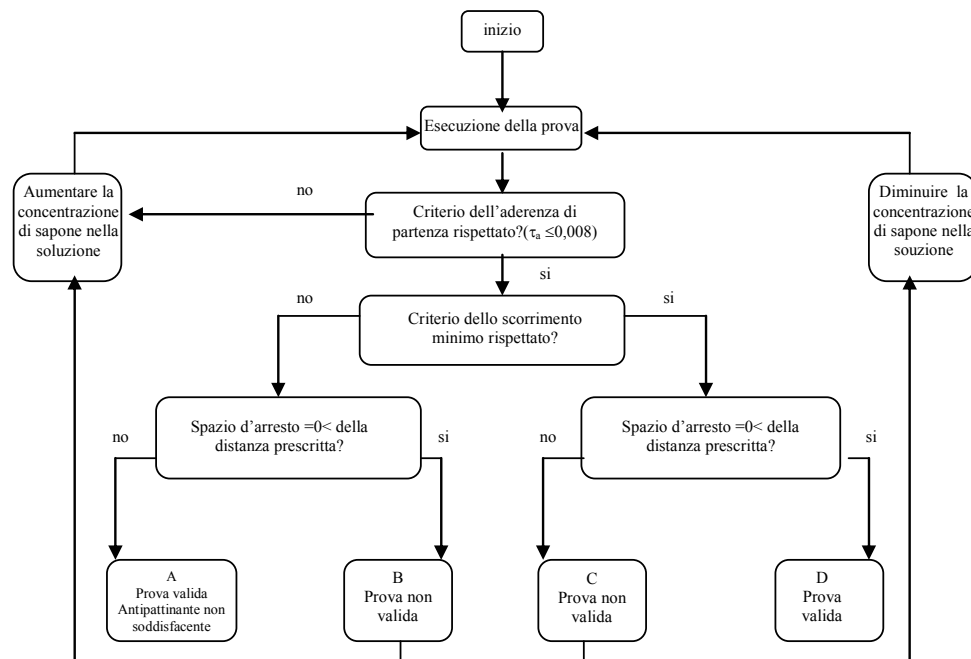


Figura 3. Diagramma di flusso per l'esecuzione della prova di un antipattinante

#### 4. Progettazione della procedura di prova

La progettazione è stata avviata con il definire un **Piano del progetto** secondo un modello proposto dal SINAL, riportato in Figura 4. Successivamente è stata effettuata una ricerca di norme, documentazione scientifica, pubblicazioni esistenti, procedure simili già redatte e ampiamente collaudate all'interno del laboratorio, da utilizzare nella successiva pianificazione della progettazione.

Il piano del progetto è stato articolato attraverso la suddivisione delle diverse attività del piano in fasi ciascuna delle quali è stata scelta e definita allo scopo di sviluppare una particolare parte della procedura di prova individuata tra gli aspetti che essa deve contenere, come riportato al punto 5.4.4 della normativa di riferimento sui laboratori di prova e taratura [1], e rispettando le prescrizioni sul modo di condurre le prove, contenute al punto 2 della UIC 541-05 sugli antipattinanti.

Per ciascuna fase sono stati definiti i dati di ingresso, utilizzando la lista di documenti tecnici preparata precedentemente, e i risultati previsti che andranno a costituire le bozze dei diversi capitoli della procedura secondo un indice simile a quanto indicato nella [1], ed inoltre sono state stabilite modalità e responsabilità per le attività successive di riesame e verifica del progetto stesso. La strutturazione del progetto in fasi è stata riportata in una tabella, con schema simile alla Figura 4.

Titolo del progetto:	PROVE PER L'OMOLOGAZIONE DI DISPOSITIVI DI ANTIPATTINAGGIO PER CARROZZA ISOLATA		
Metodo di prova interno:	<input type="checkbox"/>		
Metodo di prova ufficiale:	<input checked="" type="checkbox"/>	Norma di prova:	UIC 541-05, 2° ed.2004 FREIN-L'ANTI-ENRAYEUR
Obiettivi			
Campioni da sottoporre alla prova:	Dispositivo antipattinante		
Proprietà da rilevare:	Prestazioni di frenatura in situazioni in cui l'aderenza della rotaia risulta degradata, e verifiche eseguite in base ai limiti imposti dalla Norma di prova.		
Misure da eseguire:	Vengono misurate alcune variabili e registrate altre in base a quanto definito nella Norma di prova.		
Incertezza delle misure:	Calcolo dell'errore massimo associato a ciascuna misura eseguita tenendo conto di tutti i fattori che possono provocarlo.		
Campo di misura:	I limiti delle variabili misurate e registrate sono quelli riportati nella Norma di prova.		
Altro:	Oltre alla Norma di prova si fa riferimento anche alla norma UIC 544-1 sulla prestazione di frenatura su rotaia asciutta		
Area competente:			
Direzione Tecnica:			
Supervisione:			
Altre aree coinvolte:			

Figura 4. Tabella fasi del Piano del progetto

Durante l'esecuzione della progettazione vera e propria si è messo in opera quanto pianificato e per ogni fase, in cui è stato predisposto il piano, è stata preparata una scheda (Figura 5) che ha permesso di riportare in un schema di facile lettura quanto pianificato e successivamente quanto realizzato durante l'esecuzione dell'attività progettuale, ponendo particolare attenzione:

N° SCHEDA	N° FASE	DEFINIZIONE FASE	INPUT	OUTPUT	RESPONSABILE FASE	TIPO DI VERIFICA E RESPONSABILITA'	VINCOLI FASE PRECEDENTI
1	1	Riferimenti normativi e Bibliografia	Pag. 1 del PdP	Lista documenti di riferimento Bozza cap. 5			
2	2	Scopo e campo di applicazione	UIC 541-05 UIC 544-1	Bozza cap. 1 e 2 della procedura			Fase 1
3							
...							

Figura 5. Scheda di fase del Piano del progetto

- nel verificare che i dati e i requisiti d'ingresso fossero coerenti con quanto predisposto e sufficientemente approfonditi e dettagliati per lo sviluppo del lavoro in accordo con le normative di riferimento, evidenziando eventuali miglioramenti,
- alla completezza e alla correttezza dei dati di uscita in relazione agli obiettivi di progetto.

L'utilizzo di schede accompagnate a ciascuna fase ha consentito inoltre di ripercorrere in qualsiasi momento tutta l'attività progettuale, soprattutto durante i riesami e le verifiche.

Particolare impegno hanno richiesto due fasi dell'attività progettuale:

Scheda N°	1	Revisione		Del		
Fase N°	1	Titolo Fase	Riferimenti normativi e Bibliografia			
Responsabile fase						
Tipo di verifica	Verifica disponibilità della documentazione necessaria					
Responsabile verifica		Esito verifica	<input type="checkbox"/> positivo <input type="checkbox"/> negativo		Data	
<b>PIANIFICATO</b>						
Durata giorni		Data inizio		Data fine		
Input			Output			
- Pag. 1 del Piano del Progetto			- Lista documenti di riferimento - Bozza cap. 5 procedura			
<b>REALIZZATO</b>						
Durata giorni		Data inizio		Data fine		
Input			Output			
- Pag. 1 del Piano del Progetto			- Lista documenti di riferimento - Bozza cap. 5 procedura			
Note ed Allegati						

**Figura 6. Definizione delle apparecchiature per la prova**

- la definizione delle apparecchiature, scelte tra quelle disponibili all'interno del laboratorio, fatta analizzando le variabili da registrare e da misurare come stabilito dalla norma, secondo uno schema riportato in Figura 6,
- il calcolo dell'incertezza di misura da assegnare a ciascuna apparecchiatura e al software utilizzato per valutare la prova secondo il diagramma visto nelle pagine precedenti tramite i dati ricavati in tempo reale. L'incertezza è l'errore insito nel risultato stesso, in modo che il risultato di ciascuna misurazione, riportato in un idoneo documento "Rapporto di prova", viene accompagnato da una indicazione quantitativa della qualità del risultato stesso cosicché gli utilizzatori finali ne possano accertare l'attendibilità.

## 6. Conclusioni e sviluppi futuri

E' stata descritta la metodologia per costruire una procedura per effettuare prove in linea allo scopo di testare le capacità di intervento di dispositivi di antipattinaggio montati su veicoli ferroviari.

L'esecuzione della progettazione è stata caratterizzata da attività atte alla:

- definizione delle modalità per il trattamento dei campioni di prova, dispositivi antipattinanti, e all'analisi preventiva del funzionamento dell'impianto frenante e del dispositivo antipattinante attraverso la valutazione dell'andamento dei tempi di scarico e di rialimentazione,
- preparazione e qualifica del personale,

- identificazione dei parametri ambientali necessari per la corretta realizzazione della prova,
- definizione delle condizioni che influenzano la ripetibilità e la riproducibilità della prova.

Al termine del lavoro, le bozze dei capitoli ottenuti da ogni fase andranno a costituire, dopo aver superato una o più fasi di riesame e di verifica, la Procedura di Prova redatta secondo l'indice riportato nella Tabella 1.

Tabella 1. Indice della Procedura di Prova

Cap.1	Scopo della prova
Cap.2	Campo di applicazione
Cap.3	Abbreviazioni
Cap.4	Definizioni
Cap.5	Riferimenti normativi e bibliografia
Cap.6	Modalità di campionamento e preparazione del campione sottoposto alla prova
Cap.7	Modalità di esecuzione della prova, compresa la formazione richiesta e l'eventuale qualifica del personale addetto alle varie fasi per l'esecuzione della prova
Cap. 8	Apparecchiature di prova
Cap. 9	Valori dei parametri ambientali
Cap.10	Caratteristiche del Rapporto di prova
Cap.11	Campi di misura
Cap.12	Incertezza di misura
Cap.13	Ripetibilità e riproducibilità del metodo

La bozza subirà, infine, un processo di validazione per attestare la capacità del metodo di rispondere all'utilizzazione prevista, eseguito utilizzando un metodo di prova diverso e confrontandone i risultati, utilizzando un campione di riferimento o confrontando i risultati ottenuti da un diverso laboratorio.

La procedura relativa alle prove effettuate esclusivamente su carrozza isolata, con pochi accorgimenti potrà essere estesa anche alle prove da effettuare su locomotore e vagoni merci, ai fini dell'accreditamento.

### Note

Il lavoro descritto è stato svolto presso e per conto del Laboratorio “Sperimentazione” di Trenitalia S.p.A. (Ing. Gianluca Cocci), come tesi di laurea in Ingegneria Meccanica di Claudio Scionti alla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa.



Michele Lanzetta e Roberto Mirandola sono docenti del Settore Scientifico disciplinare Tecnologie e Sistemi di Lavorazione presso la medesima Università.

## Bibliografia

1. UNI CEI EN ISO/IEC 17025 novembre 2000      Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura
2. SINAL DG-0007 rev. 3 marzo 2001              Requisiti generali per l'accreditamento dei laboratori di prova
3. Sistema di antipattinaggio  $\mu$ WUPAR              Descrizione caratteristiche tecniche
4. Ryoo, H.J., Kim, J.S., Rim, G.H., Kim, Y.J., Kim, M.S.. Novel Anti-slip/slide Control Algorithm for Korean High-Speed Train. Source: IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference), v 3, 2003, p 2570-2574
5. Watanabe, Tomoki, Yamashita, Michihiro. A novel anti-slip control without speed sensor for electric railway vehicles. Source: IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference), v 2, 2001, p 1382-1387
6. UIC 541-05 2° edizione 2004                      Frein - L'anti-enrayeur (versione francese)
7. UIC 544-1 4° edizione                              Frein - Performance de freinage (versione francese)
8. UIC 541-03, 1°edizione-1984                      Frein-Prescriptions concernant la construction des différents organes de frein-Robinet de mécanicien (versione francese)